

明 細 書

多層ホログラフィック記録媒体、その製造方法、多層ホログラフィック記録再生方法、多層ホログラフィックメモリ再生装置及び多層ホログラフィック記録再生装置

技術分野

[0001] この発明は、物体光と参照光との照射により、各々に干渉縞が形成可能な多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体、その製造方法、この多層ホログラフィック記録媒体に情報を記録し、再生する方法及び装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、この種の多層ホログラフィック記録媒体に記録した情報を読み出すための情報読出し装置として、例えば特開2000-149318号公報に記載されるように、光源と対物レンズを移動させて所望の記録層に光を入射させ、集光光学系、拡大光学系及び2次元光検出器を一体で上下させることにより、多層型ホログラムの各記録層を選択的に再生することができるようにしたものがある。

[0003] 又、特開2000-149318号公報には、集光光学系、拡大光学系及び2次元光検出器を上下させる必要がなく、補正光学系の上下動だけで各記録層を選択的に再生できるようにしたものが開示されている。

[0004] 上記特開2000-149318号公報記載の情報読出し装置の場合は、集光光学系、拡大光学系及び2次元光検出器を一体で上下動させるか、これらを上下動させることなく、補正光学系のみを上下動させるかのいずれかが必要であり、これらの上下動の精度、速度により、記録密度及びデータ転送レートの向上には限界があった。

発明の開示

[0005] この発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、記録密度及びデータ転送レートを更に向上させることができるようにした多層ホログラフィック記録媒体、その製造方法、多層ホログラフィック記録再生方法、多層ホログラフィックメモリ再生装置及び多層ホログラフィック記録再生装置を提供することを目的とする。

- [0006] 本発明者は、鋭意研究の結果、多数のホログラフィック記録層に、参照光及び物体光の一方の照射条件を一定にし、他方を各ホログラフィック記録層毎に変調して、異なるブラッグ条件を持つように情報を記録することによって、情報再生の際は、1つの物体光又は参照光により、各ホログラフィック記録層から同時に回折光を発生させて、この回折光から情報を同時又は個別に再生することによって、多層ホログラフィック記録媒体の記録密度及びデータ転送レートを大幅に向上させ得ることが分かった。
- [0007] 即ち、以下の本発明により上記目的を達成することができる。
- [0008] (1)レーザ光を分岐した物体光と参照光との照射により、各々に干渉縞が形成可能な多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体に情報をホログラフィック記録し、且つ、再生用レーザ光を照射して記録された情報を再生する方法であって、前記物体光と参照光の一方の照射条件を一定にし、他方を各ホログラフィック記録層ごとに変調して、各ホログラフィック記録層が異なるブラッグ条件を持つように情報を記録する過程と、前記照射条件を一定にされた物体光または参照光と同一照射条件で、再生用レーザ光を、前記積層されたホログラフィック記録層に照射して、上層のホログラフィック記録層に回折光を発生させるとともに透過した0次光を順次下層のホログラフィック記録層に照射し、各照射光による各ホログラフィック記録層での回折光から情報を同時又は個別に再生する過程と、を有してなる多層ホログラフィック記録再生方法。
- [0009] (2)前記ホログラフィック記録時に、前記参照光の照射条件を一定にするとともに、前記物体光を各ホログラフィック記録層ごとに変調して情報を記録し、前記参照光と同一照射条件で、再生用レーザ光を、前記積層されたホログラフィック記録層に照射して、その照射光による各ホログラフィック記録層での回折光を、前記ホログラフィック記録層と同数の2次元光検出器により受光し、これらの受光信号により情報を再生することを特徴とする(1)に記載の多層ホログラフィック記録再生方法。
- [0010] (3)前記情報は、ホログラフィック記録層ごとに、その全面にわたってシフト多重記録されることを特徴とする(1)又は(2)に記載の多層ホログラフィック記録再生方法。
- [0011] (4)前記ホログラフィック記録時に、前記物体光と参照光の他方をホログラフィック記録層ごとに角度変調することを特徴とする(1)、(2)又は(3)に記載の多層ホログラ

フィック記録再生方法。

- [0012] (5)前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光のビーム径を拡大して、該再生用レーザ光の一部が前記拡大されたビーム径内の異なる位置から前記ホログラフィック記録層に入射するように、空間光変調することを特徴とする(4)に記載の多層ホログラフィック記録再生方法。
- [0013] (6)前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光を、回転ミラー及び凹面ミラーにより反射して前記ホログラフィック記録層に入射させることを特徴とする(4)に記載の多層ホログラフィック記録再生方法。
- [0014] (7)前記情報のホログラフィック記録時に、前記物体光を、記録すべき情報に応じて強度変調し、前記参照光を、ホログラフィック記録層ごとに位相空間光変調して、ホログラフィック記録層ごとに、干渉縞が異なる位相コードパターンを持つように情報を記録し、前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光を、情報を再生するホログラフィック記録層ごとに、対応する位相コードパターンを持つように、位相空間光変調して前記ホログラフィック記録層に照射することを特徴とする(1)に記載の多層ホログラフィック記録再生方法。
- [0015] (8)レーザ光を分岐した物体光と参照光との照射により、各々に干渉縞が形成可能な多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体に情報をホログラフィック記録し、且つ、記録された情報を再生する方法であって、前記物体光を、記録すべき情報に応じて強度変調しつつホログラフィック記録層ごとに入射角度を変調し、前記参照光を、付与するアドレスに応じて位相空間光変調し、ホログラフィック記録層がアドレスごとに異なる位相コードパターンを持つように情報を記録し、前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光を、前記参照光と同一照射条件で、且つ、前記位相コードパターンを持つように位相空間光変調して前記ホログラフィック記録層に照射することを特徴とする多層ホログラフィック記録再生方法。
- [0016] (9)レーザ光源からの物体光と参照光の照射により、各々に干渉縞が形成可能な多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体に情報を記録し、且つ、再生用レーザ光を照射して、記録した情報を再生するホログラフィック記録再生装置であって、前記物体光及び参照光を前記多層ホログラフィック記録媒

体に導く、物体光学系及び参照光学系と、再生用レーザ光を、前記積層されたホログラフィック記録層に照射する再生用レーザ光学系と、前記再生用レーザ光による各ホログラフィック記録層での回折光から情報を再生するための、該回折光と同数の2次元光検出器と、を有してなり、前記物体光学系及び参照光学系の一方は、レーザ光の照射条件が一定にされ、他方は、レーザ光の照射条件が、ホログラフィック記録層ごとに変調されて、各ホログラフィック記録層に異なるブラッグ条件を持って情報を記録するようにされ、且つ、前記再生用レーザ光学系は前記一定の照射条件と同一の照射条件とされたことを特徴とするホログラフィック記録再生装置。

[0017] (10)前記参照光学系は、前記参照光の照射条件が一定となるように構成され、前記物体光学系は、前記物体光を各ホログラフィック記録層ごとに変調する物体光変調装置を有し、前記再生用レーザ光学系は、前記参照光と同一照射条件で、再生用レーザ光を前記積層されたホログラフィック記録層に照射するようにされ、前記2次元光検出器は、前記照射光による各ホログラフィック記録層での回折光を、別個に受光するようにされたことを特徴とする(9)に記載の多層ホログラフィック記録再生装置。

[0018] (11)物体光学系及び参照光学系は、前記情報を、ホログラフィック記録層ごとに、その全面にわたってシフト多重記録するように構成されたことを特徴とする(9)又は(10)に記載の多層ホログラフィック記録再生装置。

[0019] (12)前記物体光学系及び参照光学系の他方は、前記ホログラフィック記録時に、前記物体光又は参照光の他方をホログラフィック記録層ごとに角度変調する角度変調装置を有することを特徴とする(9)又は(10)に記載の多層ホログラフィック記録再生装置。

[0020] (13)前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光のビーム径を拡大するビームエキスパンダと、該再生用レーザ光の一部が前記拡大されたビーム径内の異なる位置から前記ホログラフィック記録層に入射するように、該拡大されたビーム径の再生用レーザ光を空間光変調する空間光変調器とを有することを特徴とする(12)に記載の多層ホログラフィック記録再生装置。

[0021] (14)前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光を、回転ミラー及び凹面ミラーに

より反射して前記ホログラフィック記録層に入射させる再生用レーザ光角度変調装置を有することを特徴とする(12)に記載の多層ホログラフィック記録再生装置。

[0022] (15)前記物体光学系は、前記情報のホログラフィック記録時に、前記物体光を記録すべき情報に応じて強度変調する振幅空間光変調器を有し、前記参照光学系は、前記参照光を、ホログラフィック記録層ごとに、干渉縞が異なる位相コードパターンを持つように、ホログラフィック記録層ごとに位相空間光変調する位相空間光変調器を有し、前記再生用レーザ光学系は、前記情報の再生時に、情報を再生するホログラフィック記録層ごとに、対応する位相コードパターンを持つように、前記再生用レーザ光を、位相空間光変調する再生用レーザ光位相空間光変調器と、を有することを特徴とする(9)に記載の多層ホログラフィック記録再生装置。

[0023] (16)レーザ光源からの物体光と参照光の照射により、各々に干渉縞が形成可能な多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体に情報を記録し、且つ、再生用レーザ光を照射して、記録した情報を再生するホログラフィック記録再生装置であって、前記物体光及び参照光を前記多層ホログラフィック記録媒体に導く、物体光学系及び参照光学系と、再生用レーザ光を、前記積層されたホログラフィック記録層に照射する再生用レーザ光学系と、前記再生用レーザ光による各ホログラフィック記録層での回折光から情報を再生するための、該回折光と同数の2次元光検出器と、を有してなり、前記物体光学系は、前記物体光を、記録すべき情報に応じて強度変調しつつホログラフィック記録層ごとに入射角度を変調する物体光角度変調器を有し、前記参照光学系は、ホログラフィック記録層がアドレスごとに異なる位相コードパターンを持つように、前記参照光を、付与するアドレスに応じて位相空間光変調する位相空間光変調器を有し、前記再生用レーザ光学系は、前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光を、前記位相コードパターンを持つように位相空間光変調する再生用レーザ光位相空間光変調器を有することを特徴とする多層ホログラフィック記録再生装置。

[0024] (17)多数のホログラフィック記録層を積層してなり、レーザ光源からの物体光と参照光の一方の照射条件が一定にされ、他方の照射条件が、ホログラフィック記録層ごとに変調されることにより、各ホログラフィック記録層に異なるブラッグ条件を持って情

報が記録された多層ホログラフィック記録媒体に、再生用レーザ光学系からの再生用レーザ光を照射して、記録した情報を再生するホログラフィックメモリ再生装置であって、前記再生用レーザ光による各ホログラフィック記録層での回折光から情報を再生するための、該回折光と同数の2次元光検出器を有してなり、前記再生用レーザ光学系は前記一定の照射条件と同一の照射条件とされたことを特徴とするホログラフィックメモリ再生装置。

- [0025] (18)前記再生用レーザ光学系は、前記参照光と同一照射条件で、再生用レーザ光を前記積層されたホログラフィック記録層に照射するようにされ、前記2次元光検出器は、前記照射光による各ホログラフィック記録層での回折光を、別個に受光するようにされたことを特徴とする(17)に記載の多層ホログラフィックメモリ再生装置。
- [0026] (19)前記情報は、前記ホログラフィック記録媒体におけるホログラフィック記録層ごとに、その全面にわたってシフト多重記録されていることを特徴とする(17)又は(18)に記載の多層ホログラフィックメモリ再生装置。
- [0027] (20)前記多層ホログラフィック記録媒体における情報が、前記物体光又は参照光の他方がホログラフィック記録層ごとに角度変調して、角度多重記録され、前記再生用レーザ光学系は、前記再生用レーザ光のビーム径を拡大するビームエキスパンダと、該再生用レーザ光の一部が前記拡大されたビーム径内の異なる位置から前記ホログラフィック記録層に入射するように、該拡大されたビーム径の再生用レーザ光を空間光変調する空間光変調器とを有することを特徴とする(17)又は(18)に記載の多層ホログラフィックメモリ再生装置。
- [0028] (21)前記再生用レーザ光を、回転ミラー及び凹面ミラーにより反射して前記ホログラフィック記録層に入射させる再生用レーザ光角度変調装置を有することを特徴とする(17)又は(18)の多層ホログラフィックメモリ再生装置。
- [0029] (22)前記多層ホログラフィック記録媒体には、前記参照光を、ホログラフィック記録層ごとに位相空間光変調して、干渉縞が異なる位相コードパターンを持って情報が記録されていて、前記再生用レーザ光学系は、前記情報の再生時に、情報を再生するホログラフィック記録層ごとに、対応する位相コードパターンを持つように、前記再生用レーザ光を位相空間光変調する再生用レーザ光位相空間光変調器を有する

ことを特徴とする(17)に記載の多層ホログラフィックメモリ再生装置。

[0030] (23)レーザ光源からの物体光と参照光の照射により、各々に干渉縞が形成可能な多数のホログラフィック記録層を積層してなり、前記物体光は、記録すべき情報に応じて強度変調しつつホログラフィック記録層ごとに入射角度を変調され、前記参照光は、ホログラフィック記録層がアドレスごとに異なる位相コードパターンを持つように、付与するアドレスに応じて位相空間光変調して情報が記録された多層ホログラフィック記録媒体に、再生用レーザ光を照射して、記録した情報を再生するホログラフィックメモリ再生装置であって、前記再生用レーザ光を、前記積層されたホログラフィック記録層に照射する再生用レーザ光学系と、前記再生用レーザ光による各ホログラフィック記録層での回折光から情報を再生するための、該回折光と同数の2次元光検出器と、を有してなり、前記再生用レーザ光学系は、前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光を、前記位相コードパターンを持つように位相空間光変調する再生用レーザ光位相空間光変調器を有することを特徴とする多層ホログラフィックメモリ再生装置。

[0031] (24)物体光と参照光との照射による干渉縞が、各々に形成された多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体であって、前記各ホログラフィック記録層には、物体光と参照光の一方の照射条件を一定にし、他方の照射条件を各ホログラフィック記録層ごとに変調して、異なるブラッグ条件を持って情報が記録されていることを特徴とするホログラフィック記録媒体。

[0032] (25)前記情報が、ホログラフィック記録層ごとに、その全面にわたってシフト多重記録されることを特徴とする(24)に記載の多層ホログラフィック記録媒体。

[0033] (26)前記情報が、ホログラフィック記録層ごとに角度変調して角度多重記録されていることを特徴とする(24)又は(25)に記載の多層ホログラフィック記録媒体。

[0034] (27)前記情報が、ホログラフィック記録層ごとに、干渉縞が異なる位相コードパターンを持って記録されていることを特長とする(24)に記載の多層ホログラフィック記録媒体。

[0035] (28)物体光と参照光との照射による干渉縞が、各々に形成された多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体であって、前記各ホログ

ラフィック記録層には、前記情報が、ホログラフィック記録層ごとに異なって角度多重記録され、且つ、同一のホログラフィック記録層ではアドレスごとに異なる位相コードパターンを持って記録されていることを特徴とする多層ホログラフィック記録媒体。

[0036] (29) 基板上にホログラフィック記録層を形成する工程と、このホログラフィック記録層に対して、物体光と参照光とを照射して、全面にわたりシフト多重記録をする工程と、前記ホログラフィック記録層上に次のホログラフィック記録層を形成する工程と、該次のホログラフィック記録層に対して、物体光と参照光とを照射して、全面にわたりシフト多重記録をする工程と、を順次繰り返して、シフト多重記録をした所定の数のホログラフィック記録層を積層する多層ホログラフィック記録媒体の製造方法であって、前記物体光と参照光は、一方の照射条件を一定にし、且つ、他方の照射条件を各ホログラフィック記録層ごとに変調して照射し、各ホログラフィック記録層が異なるブラッグ条件を持つように情報を記録したことを特徴とするホログラフィック記録媒体の製造方法。

[0037] (30) 前記ホログラフィック記録層にシフト多重記録をした後で、次のホログラフィック記録層を形成する前に、シフト多重記録をした前記ホログラフィック記録層をポスト露光して、残留感光成分を完全に消費させる工程を有することを特徴とする(29)に記載のホログラフィック記録媒体の製造方法。

[0038] (31) 前記ホログラフィック記録層のポスト露光を、インコヒーレント光により行うことを特徴とする(30)に記載のホログラフィック記録媒体の製造方法。

[0039] (32) 前記各ホログラフィック記録層の間に、各ホログラフィック記録層間の光学的干渉を抑制するとともに、各ホログラフィック記録層の平坦度、平行度及び機械的強度を補なうスペーサ層を形成する工程を有することを特徴とする(29)、(30)又は(31)に記載のホログラフィック記録媒体の製造方法。

[0040] (33) 前記基板上にホログラフィック記録層を形成する工程と、このホログラフィック記録層に対して、参照光にアドレスごとに異なる位相コードパターンを付与して物体光と共に照射して、全面にわたりシフト多重記録をする工程と、前記ホログラフィック記録層上に次のホログラフィック記録層を形成する工程と、該次のホログラフィック記録層に対して、物体光の入射角度を変調して、且つ、参照光にアドレスごとに異なる

位相コードパターンを付与して照射し、全面にわたりシフト多重記録をする工程と、を順次繰り返して、シフト多重及び位相コード多重記録をした所定の数のホログラフィック記録層を積層する(29)乃至(32)のいずれかに記載の多層ホログラフィック記録媒体の製造方法。

図面の簡単な説明

[0041] [図1]本発明の実施例1における多層ホログラフィック記録媒体を模式的に示す斜視図である。

[図2]同多層ホログラフィック記録媒体におけるホログラフィック記録層と参照光及び物体光との関係を模式的に示す拡大断面図である。

[図3]実施例1におけるホログラフィック記録層に対する再生用レーザ光照射時の回折光の状態を模式的に拡大して示す断面図である。

[図4]本発明の実施例2に係るホログラフィック記録媒体の製造方法を模式的に示す拡大断面図である。

[図5]同製造方法及びホログラフィック記録に用いる多層ホログラフィック記録装置を示す光学系統図である。

[図6]図5の多層ホログラフィック記録装置の変化した状態を示す光学系統図である。

[図7]上記製造方法及び多層ホログラフィック記録装置によって製造且つ記録されたホログラフィック記録媒体の情報を再生するための多層ホログラフィックメモリ再生装置を示す光学系統図である。

[図8]実施例3に係る多層ホログラフィックメモリ再生装置を示す略示斜視図である。

[図9]実施例3に係る多層ホログラフィックメモリ再生装置を詳細に示す光学系統図である。

[図10]実施例4に係る多層ホログラフィックメモリ再生装置を示す光学系統図である。

[図11]実施例5に係る多層ホログラフィック記録再生装置を示す光学系統図である。

[図12]同実施例5における位相コードパターンの例を示す拡大平面図である。

[図13]同実施例5の装置により干渉縞が形成された状態の多層ホログラフィック記録媒体を模式的に示す拡大断面図である。

[図14]実施例6に係る多層ホログラフィック記録装置を示す光学系統図である。

[図15]同実施例6に係る多層ホログラフィックメモリ再生装置を示す光学系統図である。

発明を実施するための最良の形態

[0042] 本発明の最良の実施形態では、各々に干渉縞が形成可能な多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体に対して、物体光の照射角度を、各ホログラフィック記録層毎に変えて、且つ参照光は共通として、ホログラフィック記録層毎にシフト多重記録をし、厚さ方向には角度多重記録をする。再生時には、前記参照光と同一照射条件の再生用レーザ光を多層ホログラフィック記録媒体に照射して、各ホログラフィック記録層から同時に異なる方向に回折光を形成させ、各回折光を別個の2次元光検出器によって検出することにより、同時に多数の(ホログラフィック記録層の数と等しい)情報を再生することにより上記目的を達成する。

[0043] 以下本発明の実施例1について図面を参照して詳細に説明する。

[0044] まず、図1、図2を参照して、本発明の多層ホログラフィック記録再生方法の基本的原理について説明する。

[0045] 図1に示される多層ホログラフィック記録媒体10は、例えばガラスからなる一対の基板12A、12Bの間に多数のホログラフィック記録層14A、14B、...を積層してなる記録層14が挟み込まれて形成されている。

[0046] この記録層14における各ホログラフィック記録層14A、14B、...には、各層の表面に沿った同一箇所において、共通の参照光 Re_1 と、各ホログラフィック記録層毎に異なる照射角度の物体光 Ob_1 、 Ob_2 、...との干渉縞が記録されている(図2(A)、(B)参照)。

[0047] 上記のような条件で干渉縞が形成されている各ホログラフィック記録層14A、14Bを積層した多層ホログラフィック記録媒体10に対して、図2(C)、(D)に示されるように、前記参照光 Re_1 と同一照射条件で、再生用レーザ光 Rp_1 を照射すると、まず、図において再生用レーザ光 Rp_1 の入射側のホログラフィック記録層14Bにおいて回折光 Di_2 が発生し、更に、ホログラフィック記録層14Bの0次光(透過光)が次のホログラフィック記録層14Aを照射し、これにより、回折光 Di_1 を形成する。このようにして、各ホログラフィック記録層14A、14B、...において回折光 Di_1 、 Di_2 、...が発生する。

- [0048] これらの回折光 Di_1 、 Di_2 、 \dots は、その出射方向が、記録時の物体光 Ob_1 、 Ob_2 、 \dots と同一である。即ち、ホログラフィック記録層14A、14B、 \dots からの回折光は、全てその出射方向が異なる。
- [0049] 図3(A)に示されるように、回折光 Di_1 、 Di_2 、 \dots をそれぞれ個別に受光する、例えばCCDからなる2次元光検出器16A、16B、 \dots を設けておけば、各回折光を受光して、複数のホログラフィック記録層14A、14B、 \dots に記録された情報を同時に再生することができる。
- [0050] 又、上記ホログラフィック記録層14A、14B、 \dots に対してホログラフィック記録の際に、物体光を共通として、参照光による照射条件をホログラフィック記録層毎に変えれば、再生時には、図3(B)に示されるように、各参照光に対応した再生用レーザ光 L_1 、 L_2 の照射によって、記録時の物体光と同一方向に回折光を得て、1つの2次元光検出器17により各ホログラフィック記録層に記録された情報を再生することができる。この場合、同時再生はできないので、順次再生となる。
- [0051] 上記のような、多層ホログラフィック記録媒体10に、実施例2の製造方法により、情報を記録しつつ製造する過程及び記録再生装置について説明する。
- [0052] まず、図4(A)に示されるように、基板12A上にホログラフィック記録層14Aを形成し、ここに、例えば該基板12A及びホログラフィック記録層14Aの表面と直交する方向から参照光を、又、この参照光に対して θ_1 の角度から物体光を、それぞれ照射して、両者の干渉縞を形成する。このとき、図5(A)に示されるように、多層ホログラフィック記録装置20により、ホログラフィック記録層14Aが形成された基板12Aをモータ22により回転させながら物体光と参照光を照射することによってシフト多重記録を行なう。
- [0053] 次に、図4(B)に示されるように、ホログラフィック記録層14Aに対してポスト露光を行ない、残留感光成分を完全に消費する。このポスト露光(後工程でのポスト露光も含む)には、記録あるいは再生と同じ光源を用いてもよいが、一様に露光するという観点からは、よりインコヒーレントな光源(白色光、LED等)が好ましい。
- [0054] これは、入射光、グレーティングによって回折・散乱された光、界面で反射した光等の間の干渉によって、不要な強度分布むらが記録されてしまうことを防止するため

ある。

[0055] 次に、ポスト露光を終了したホログラフィック記録層14A上に、図4(C)に示されるように、次のホログラフィック記録層14Bを形成する。このとき、ホログラフィック記録層14A、14Bの間にスペーサ層を設けて、各記録層間の光学的な干渉を抑制したり、記録層の平坦度、平行度、光的強度特性を向上させるようにしてもよい。スペーサ層の形成は記録層14Aの記録の前又は後のいずれでもよい。

[0056] 図4(D)に示されるように、前記ホログラフィック記録層14Bに対して、参照光は前記図4(A)と共通、且つ、図5(B)のように物体光の入射角を θ_2 として、ホログラフィック記録層14Aの干渉縞とは異なるブラッグ条件の下で、前記ホログラフィック記録層14Aと同様にシフト多重記録を行なう。従って、各ホログラフィック記録層毎にその全域に亘ってシフト多重記録されることになる。

[0057] なお、説明を簡単にするために、図4(A)～(D)においては平行光による平面上のグレーティング(干渉縞)が示されているが、シフト多重記録の場合、実際には球面波による曲面状のグレーティングとなる。

[0058] ホログラフィック記録層14Bに情報が記録された後は、前記ホログラフィック記録層14Aの場合と同様に、図4(E)に示されるように、ポスト露光を行なう。

[0059] 更に、このポスト露光終了後、ホログラフィック記録層14Cに対して、前記ホログラフィック記録層14A、14Bとは異なる入射角 θ_3 (図6(C)参照)で物体光を照射し(参照光は共通)、干渉縞により情報をシフト多重記録する。

[0060] このようにして、必要な数だけホログラフィック記録層を重ね(この実施例では4層構造の場合を示す)、グレーティングを形成し、且つ、ポスト露光をしていく(図4(F)、(G)参照)。最後のホログラフィック記録層14Dは、図6(D)に示される入射角 θ_4 で物体光を照射する。ポスト露光後にホログラフィック記録層14D上に保護層18を形成し、更に必要であれば、反射防止層19を、全体の両面に形成する。

[0061] 次に、図5に示される、多層ホログラフィック記録装置20について説明する。

[0062] この多層ホログラフィック記録装置20は、レーザ光源24と、このレーザ光源24からのレーザ光の、振動面が直交する直線偏光の一方、例えばp偏光成分を透過し、且つs偏光成分を反射する偏光ビームスプリッタ26と、前記偏光ビームスプリッタ26を

透過したp偏光成分を前記基板12A及びその上に積層されたホログラフィック記録層に導く参照光学系28と、偏光ビームスプリッタ26から反射されたs偏光成分を前記基板12A及びこれに積層されたホログラフィック記録層に導く物体光学系30と、を備えて構成されている。なお、説明の都合上、図6(C)及び(D)では、前記偏光ビームスプリッタ26を透過したp偏光成分を物体光、反射したs偏光成分を参照光としている。

[0063] 前記参照光学系28は、前記偏光ビームスプリッタ26側から、ミラー28A、1/2波長板28B、集光レンズ28Cをこの順で備えて構成されている。又、前記物体光学系30は、偏光ビームスプリッタ26側から、ミラー30A、空間光変調器30B、フーリエレンズ30Cをこの順で備えて構成されている。

[0064] 前記物体光学系30は、全体が、ホログラフィック記録層に対する物体光の入射角度(参照光の光軸に対する角度)を変調可能な入射角度変調装置32によって支持されている。又、ミラー30Aは反射角調整可能な状態で入射角度変調装置32支持されている。

[0065] 図5(A)、(B)、図6(C)、(D)の符号34は、レーザ光源24のパルス発光を制御するためのパルス制御装置を示す。

[0066] 次に、図7を参照して前記多層ホログラフィック記録媒体10にホログラフィック記録された情報を再生するための多層ホログラフィックメモリ再生装置36について説明する。

[0067] この多層ホログラフィックメモリ再生装置36は、前記多層ホログラフィック記録装置20におけるレーザ光源24と同一の波長のレーザ光を出射するレーザ光源38と、このレーザ光源38から出射された再生用レーザ光を前記多層ホログラフィック記録装置20における参照光学系28での参照光と同一の照射条件(入射角度)で多層ホログラフィック記録媒体10に導くための再生用レーザ光学系40と、該多層ホログラフィック記録媒体10を駆動(シフト)させるためのモータ(図示省略)と、前記多層ホログラフィック記録媒体10への、再生用レーザ光の照射によって、各ホログラフィック記録層14A〜14Dから発生した回折光を受光するための2次元光検出器16A、16B、16C、16Dと、を備えて構成されている。

[0068] 前記再生用レーザ光学系40は、レーザ光源38からの再生用レーザ光を多層ホロ

グラフィック記録媒体10方向に反射するためのミラー40Aと、このミラー40Aと多層ホログラフィック記録媒体10との間に設けられた集光レンズ40Bとを備えている。

[0069] 又、前記多層ホログラフィック記録媒体10から、2次元光検出器16A、16B、16C、16Dへの回折光の光路上には、各々結像レンズ44A、44B、44C、44Dが設けられている。図7の符号39はレーザ光源38を制御するためのパルス制御装置を示す。

[0070] この実施例において、再生用レーザ光は、集光レンズ40Bによって収束光となり、多層ホログラフィック記録媒体10に入射する。この再生用レーザ光は、前記記録時の参照光と同一波長であり、且つ多層ホログラフィック記録媒体10への入射角度も前記参照光と同一であるので、ホログラフィック記録層14Dにおいて前記図6(D)における物体光と同一方向の回折光を発生する。

[0071] この回折光は、結像レンズ44Dを介して2次元光検出器16Dに受光され、これによって、再生像が復号化されて、再生情報が得られることになる。

[0072] 次に、ホログラフィック記録層14Dを透過した再生用レーザ光(0次の回折光)は、次のホログラフィック記録層14Cにおける再生用レーザ光となるので、ここでも、回折光が発生して、2次元光検出器16Cに受光される。

[0073] このようにして、順次、ホログラフィック記録層14B、14Aにおいても、その上層からの0次の回折光によって、対応する2次元光検出器16B及び16Aに向けて回折光が発生される。

[0074] ここで、各ホログラフィック記録層14A、14B、14C、14D内では、独立に体積ホログラムの多重化記録(ここではシフト多重記録)が行なわれているため、ホログラム1枚当たりの回折効率は 10^{-4} 程度と低い。この実施例では説明の都合上ホログラフィック記録層を4層としたが、より多数の積層数であってもよく、例えば100層のホログラフィック記録層を積層した場合でも、最下層へ到達する再生用レーザ光は、最初のホログラフィック記録層14Aに比べて、 $10^{-4} \times 100 = 0.01$ 、即ち約1%しか減少していないので、各ホログラフィック記録層14A、14B、...から得られる回折光の強度がほとんど同一である。

[0075] 上記のように、ホログラフィック記録層14D〜14Aにおいて、順次回折光が発生するように説明したが、実際は、各ホログラフィック記録層において同時に回折光が発

生するので、2次元光検出器16A〜16Dによって得られる再生情報も、同時に得られることになる。従って、情報の転送レートが、順次再生する場合に比較して、格段に増大されることになる。

- [0076] 又、各ホログラフィック記録層に情報を記録し、且つ再生する際に、記録光学系や再生光学系を機械的に光軸方向に駆動する必要が無いので、分解能が機械的精度に影響されることなく、記録密度を大幅に向上させることができる。
- [0077] 次に図8、図9を参照して、実施例3に係る多層ホログラフィックメモリ再生装置50について説明する。
- [0078] 上記実施例2の場合は、参照光を多層ホログラフィック記録媒体10に対して垂直に入射するように固定し、物体光の入射角度を変調するようにしたものであり、これに対して、実施例3は、物体光を垂直に入射させ、且つ参照光の入射角度を変調してシフト多重記録(積層方向には角度多重記録)をした多層ホログラフィック記録媒体51の情報を再生するものである。
- [0079] この多層ホログラフィックメモリ再生装置50の情報再生原理は、図8に示されるように、ホログラフィック記録層の層毎に異なる角度で再生用レーザ光 Rp_1 、 Rp_2 、 Rp_3 、 Rp_4 を入射し、且つ多層ホログラフィック記録媒体51をシフト多重記録時と同様に駆動して、発生した回折光を2次元光検出器52によって受光するものである。
- [0080] 具体的には、図9に示されるように、レーザ光源54と、このレーザ光源54からの再生用レーザ光を前記多層ホログラフィック記録媒体51に照射するための再生用レーザ光学系56と、前記2次元光検出器52とを備えて構成されている。
- [0081] 前記再生用レーザ光学系56は、レーザ光源54から出射された再生用レーザ光のビーム径を拡大するビームエキスパンダ56Aと、該再生用レーザ光の一部が前記拡大されたビーム径内の異なる位置から前記多層ホログラフィック記録媒体51におけるホログラフィック記録層に入射するように、該拡大されたビーム径の再生用レーザ光を空間光変調する空間光変調器56Bと、この空間光変調器56Bからの平行光を多層ホログラフィック記録媒体51内に集光させる集光レンズ56Cと、を含んで構成されている。
- [0082] 図8、図9の符号58は、前記多層ホログラフィック記録媒体51と2次元光検出器52

との間に配置された結像レンズである。

- [0083] この実施例3の多層ホログラフィックメモリ再生装置50は、空間光変調器56Bにおいて、その一部が再生用レーザ光を透過し、且つ透過する部分が多層ホログラフィック記録媒体51のホログラフィック記録層毎に、前記参照光に応じて変化するようにして、図8に示されるように、異なる入射角で多層ホログラフィック記録媒体51に再生用レーザ光 Rp_1 、 Rp_2 、 Rp_3 、 Rp_4 として入射するようにされている。
- [0084] 従って、ホログラフィック記録層に応じた再生光を照射すると、この再生光に対応する再生像だけが現われ、各ホログラフィック記録層からの再生像が、同一位置、即ち前記2次元光検出器52の位置に結像する。
- [0085] この実施例3の場合、多層ホログラフィック記録媒体51からの回折光を検出する検出光学系及び2次元光検出器52は1組でよいので、装置を簡単に構成することができると共に、装置容積を小さくすることができる。
- [0086] 次に、図10に示される実施例4に係るホログラフィックメモリ再生装置60について説明する。
- [0087] 上記実施例3において、多層ホログラフィック記録媒体51におけるホログラフィック記録層の積層数が多い場合は、空間光変調器56Bにおいて遮断される再生用レーザ光の割合が大きくなり、該再生用レーザ光の利用効率が低下することが考えられる。
- [0088] この実施例4に係るホログラフィックメモリ再生装置60は、ホログラフィック記録層数が多い場合にも、再生用レーザ光の利用効率が低下しないようにしたものである。
- [0089] このホログラフィックメモリ再生装置60は、レーザ光源62と、このレーザ光源62から出射される再生用レーザ光を反射して前記多層ホログラフィック記録媒体51におけるホログラフィック記録層に対応して角度を変えて入射させる再生用レーザ光角度変調装置64と、前記図8、図9に示された多層ホログラフィックメモリ再生装置50における同様の2次元光検出器52及び結像レンズ58とを備えて構成されている。
- [0090] 前記再生用レーザ光角度変調装置64は、レーザ光源62から出射されたレーザ光を反射するための回転ミラー64Aと、この回転ミラー64Aで反射された再生用レーザ光を、その入射角度に応じて反射光が前記多層ホログラフィック記録媒体51内の所定位置に向けて反射されるように形成された凹面ミラー64Bと、を備えて構成されて

いる。

- [0091] 前記凹面ミラー64Bの具体的な形状は、楕円筒の一部の内周面であり、楕円の2つの焦点と前記回転ミラー64Aの回転中心及び多層ホログラフィック記録媒体51における再生用レーザ光の照射ポイントが一致するようにされている。
- [0092] 従って、楕円の方の焦点位置にある回転ミラー64に入射し、反射され、更に、凹面ミラー64Bで反射された再生用レーザ光は必ず楕円の他の焦点、即ち多層ホログラフィック記録媒体51の再生レーザ光照射位置に入射される。
- [0093] この実施例4においては、回転ミラー64Aの回転角度を制御することによって、該回転ミラー64Aによって反射された再生用レーザ光の、凹面ミラー64Bでの反射点の位置を変調し、これによって、多層ホログラフィック記録媒体51への入射角度が、ホログラフィック記録層毎に調整される。
- [0094] 更に、前記凹面ミラー64Bは、集光レンズの機能も有し、多層ホログラフィック記録媒体51へ照射される再生用レーザ光は、曲面状の波面を有しているので、該多層ホログラフィック記録媒体51を所定方向に駆動することによって、シフト多重記録が可能となる。
- [0095] この実施例4の場合、再生用レーザ光の利用効率は図7に示される実施例2と同等であるが、実施例2では記録密度とデータ転送レートの両方が向上されているのに対して、実施例4では、記録密度だけが向上されている。その一方で、検出光学系が簡単な構成となるという利点がある。
- [0096] 次に、図11～図13を参照して、本発明の実施例5に係る多層ホログラフィック記録再生装置70について説明する。
- [0097] この多層ホログラフィック記録再生装置70は、多層ホログラフィック記録媒体72の移動方向にはシフト多重記録、且つ、ホログラフィック記録層の積層方向には位相コード多重記録をし、且つ再生するものである。
- [0098] 多層ホログラフィック記録再生装置70は、レーザ光源74と、このレーザ光源74から出射された再生用レーザ光を、振動面が直交する2つの直線偏光のうち、例えばp偏光を透過し、s偏光を反射する偏光ビームスプリッタ76と、この偏光ビームスプリッタ76を透過したレーザ光を参照光として前記多層ホログラフィック記録媒体72に導く参

照光学系78と、反射されたs偏光を多層ホログラフィック記録媒体72に導く物体光学系80と、多層ホログラフィック記録媒体72に再生用レーザ光を照射したときに発生する回折光を検出するための検出光学系82と、を備えて構成されている。

[0099] 前記参照光学系78は、前記偏光ビームスプリッタ76側から、ミラー78A、1/2波長板78B、位相空間光変調器78C、フーリエレンズ78Dを備えて構成されている。

[0100] 前記物体光学系80は、前記偏光ビームスプリッタ76側から、空間光変調器80A、フーリエレンズ80Bをこの順で備えて構成されている。

[0101] 又、前記検出光学系82は、2次元光検出器82Aと、この2次元光検出器82Aと前記多層ホログラフィック記録媒体72との間に配置された結像レンズ82Bと、を備えて構成されている。

[0102] 前記参照光学系78の位相空間光変調器78Cは、通過する光の位相を画素毎に変調するデバイスである。ここでは、説明を簡単にするために、図12(A)に示されるような、1次元の8画素変調をする構成とする。具体的には、この位相空間光変調器78Cは、前記8画素のうちの一部又は全部に位相差 π を与えるものである。具体的には、例えば図12(A)～(D)に示されるように、白色の画素Wと斜線で示した画素Gとの間に位相差 π を与えるようにされている。

[0103] 又、前記物体光学系80における空間光変調器80Aは、記録すべきデータに応じて、物体光を強度変調するものである。

[0104] この多層ホログラフィック記録再生装置70により、多層ホログラフィック記録媒体72に情報を記録する過程について説明する。

[0105] レーザ光源74から出射された再生用レーザ光は、偏光ビームスプリッタ76においてp偏光が透過され、これが参照光学系78に入射する。又、s偏光は反射され、物体光学系80に入射する。

[0106] 前記参照光学系78に入射したp偏光は、ミラー78Aで反射され、1/2波長板78Bにおいてs偏光に変換され、前記位相空間光変調器78Cに入射する。

[0107] この位相空間光変調器78Cは、前記のように、通過するレーザ光の位相を、例えば図12(A)～(D)に示されるような1次元の8画素変調をする。

[0108] 位相変調された参照光は、フーリエレンズ78Dにより多層ホログラフィック記録媒体

72近傍で集光されると共に、その強度分布がフーリエ変換され、該多層ホログラフィック記録媒体72に照射される。

- [0109] 一方、前記偏光ビームスプリッタ76において反射されたs偏光である物体光は、空間光変調器80Aにおいて強度変調の形でデータを付与された後、フーリエレンズ80Bによって集光且つ強度分布のフーリエ変換を受けて、多層ホログラフィック記録媒体72内で前記照射された参照光と交差する。
- [0110] 前記参照光及び物体光は共にs偏光であるので、両者の交差する領域で光学的干渉を生じ、これが回折格子として多層ホログラフィック媒体72に記録される。このような記録を多層ホログラフィック記録媒体72におけるホログラフィック記録層毎にシフト多重記録をしていく。
- [0111] 図13に示されるように、前記多層ホログラフィック記録媒体72におけるホログラフィック記録層の層数を、説明を簡単にするために4層とした場合、基板12A側から、第1〜第4のホログラフィック記録層72A、72B、72C、72Dに記録された干渉縞は、各層毎に、例えば図12(A)〜(D)にそれぞれ示されるような1次元8画素の位相コードパターンのいずれかを含んでいる。この位相コードパターンとしては、例えば1次元8成分のWolsh Hadamard直交コードを利用する。
- [0112] 上記のように記録した多層ホログラフィック記録媒体72の情報を再生する場合は、前記参照光学系78から前記参照光と同一条件で再生用レーザ光を多層ホログラフィック記録媒体72に照射する。
- [0113] このとき、再生しようとする記録層に対応して、前記位相空間光変調器78Cにおいて前記図12(A)〜(D)のいずれかの位相コードパターンで位相変調された再生用レーザ光を照射すれば、目的のホログラフィック記録層に記録された情報を再生することができる。
- [0114] この実施例5の多層ホログラフィック記録再生装置70は、記録及び再生の両方において、機械的な可動部を設ける必要がないので、記録密度及びデータ転送レートを向上させることができる。
- [0115] なお、多層ホログラフィック記録媒体72におけるホログラフィック記録層の積層数が少ない場合は、前記位相空間光変調器78Cに代えて、位相コードマスクを用いても

よい。

- [0116] この位相コードマスクは、再生用レーザ光の、記録再生帯域の波長に対して透明で、これを通過することによって、再生用レーザ光に固定位相パターンを与える板状の光学部品である。例えば、BK7材からなる平行平板に $\lambda/n(\lambda$; 再生用レーザ光の真空中での波長、 n ; 位相コードマスクの屈折率) の段差を設けてもよいし、図12(A)〜(D)に示されるように、画素毎に屈折率変化を与えたものでもよい。
- [0117] 次に、実施例6を示す図14、図15を参照して、多層ホログラフィック記録媒体におけるホログラフィック記録層毎に位相コード記録をし、且つホログラフィック記録層の積層方向には物体光の入射角を変調して角度多重記録をするようにした多層ホログラフィック記録装置及びこれによって情報を記録した多層ホログラフィック記録媒体の情報を再生する装置について説明する。
- [0118] この実施例6に係る多層ホログラフィック記録装置90は、レーザ光源92と、このレーザ光源92から出射されたレーザ光のビーム径を拡大するビームエキスパンダ94と、ビーム径が拡大された再生用レーザ光を、透過光と反射光に分岐するビームスプリッタ96と、ビームスプリッタ96で反射された再生用レーザ光を多層ホログラフィック記録媒体98に導く参照光学系100と、透過した再生用レーザ光を多層ホログラフィック記録媒体98に導く物体光学系102とを備えて構成されている。
- [0119] 前記参照光学系100は、ビームスプリッタ96側から、位相空間光変調器100A、フーリエレンズ100Bをこの順で備えて構成されている。又、前記物体光学系102はビームスプリッタ96側から、ミラー102A、空間光変調器102B、フーリエレンズ102Cをこの順で備えて構成されている。
- [0120] 更に、前記物体光学系102は、全体が入射角度変調装置101に取り付けられ、且つ、ミラー102Aは、その反射角度が調節可能とされ、これによって、物体光学系102は、物体光の、多層ホログラフィック記録媒体98への入射角度を、ホログラフィック記録層毎に変調できるようにされている。即ち、角度多重記録が可能とされている。
- [0121] 次に、この多層ホログラフィック記録装置90により、多層ホログラフィック記録媒体98に情報を記録する過程について説明する。
- [0122] レーザ光源92から出射されたレーザ光はビームエキスパンダ94によってそのビー

ム径が拡大され、ビームスプリッタ96に入射する。

- [0123] ビームスプリッタ96では、入射するレーザ光が透過光と反射光とに分岐され、反射光は参照光として参照光学系100に入射する。又、透過光は物体光として物体光学系102に入射する。
- [0124] 参照光は、位相空間光変調器100Aにより2次元的に位相変調されることにより位相コードパターンが付与され、フーリエレンズ100Bを通過した後に集光しながら多層ホログラフィック記録媒体98に照射される。
- [0125] 一方、物体光は、ミラー102Aで反射され、空間光変調器102Bに入射し、ここで、記録すべきデータ(情報)に応じて2次元的に振幅変調され、更にフーリエレンズ102Cによって集光されながら多層ホログラフィック記録媒体98に照射される。このとき、前記2次元振幅変調パターンは、フーリエレンズ102Cの後側焦点においてフーリエ変換される。
- [0126] 従って、多層ホログラフィック記録媒体98には、物体光及び参照光がホログラフィック記録層の同一領域に照射されるので、この領域内で3次元的な干渉パターンが形成され、この干渉パターンが屈折率変化としてホログラフィック記録層に記録される。
- [0127] 前記位相コードは、各ホログラフィック記録層毎に複数種のセットで用いられる。即ち、1つの位相コードパターンセットは、各ホログラフィック記録層に、それぞれ1つ割り当てられることになる。
- [0128] なお、位相コードパターンは、上記のように記録層毎に異なるようにしてもよいが、位相コードの変調効率や同時再生の機能を考慮すると、複数種類の位相コードのセットを各記録層毎に用いるのが好ましい。
- [0129] 上記のように、各ホログラフィック記録層毎に複数種類の位相コードのセットで記録し、これを各層毎に繰り返して、全部のホログラフィック記録層での記録を終了することにより、多層ホログラフィック記録媒体98への情報の記録が終了する。
- [0130] 次に、図15を参照して、前記多層ホログラフィック記録媒体98に記録された情報を再生するための、多層ホログラフィックメモリ再生装置104について説明する。
- [0131] この多層ホログラフィックメモリ再生装置104は、レーザ光源106と、このレーザ光源106からの再生用レーザ光を多層ホログラフィック記録媒体98に導くための再生用レ

ーザ光学系108と、該多層ホログラフィック記録媒体98への再生用レーザ光の照射によって発生する回折光から情報を再生するための検出光学系110と、を備えて構成されている。

[0132] 前記再生用レーザ光学系108は、レーザ光源106から出射された再生用レーザ光のビーム径を拡大するためのビームエキスパンダ108Aと、このビームエキスパンダ108Aを通った再生用レーザ光を直角に反射するミラー108Bと、ミラー108Bで反射した再生用レーザ光が入射する位相空間光変調器108Cと、位相空間光変調器108Cを通過した再生用レーザ光を多層ホログラフィック記録媒体98内に集光させるフーリエレンズ108Dと、を備えて構成されている。

[0133] 前記検出光学系110は、記録時の前記物体光の、各ホログラフィック記録層毎の入射光軸の延長上となる位置に、各々配置された2次元光検出器110A～110Dを備えている。又、これら2次元光検出器110A～110Dと前記多層ホログラフィック記録媒体98との間には、結像レンズ111A～111Dが各々配置されている。

[0134] この多層ホログラフィックメモリ再生装置104においては、記録時の参照光と同様の再生用レーザ光を用い複数種類の位相コードのセットの中の任意の位相コードパターンを、位相空間光変調器108Cを経て照射すれば全ての記録層からの回折像(再生像)が同時に生成される。

[0135] 体積ホログラムの原理によれば、回折像は、(レーザ光強度は別として)記録時の物体光を再現したものとなるので、同時に生成する再生像はそれぞれ異なった方向に出射することになる。この実施例では、記録時の物体光の光路の延長線上に2次元光検出器110A～110Dを設けると共に、結像レンズ111A～111Dを設け、この結像レンズ111A～111Dが、記録時のフーリエレンズと結像レンズ系を構成するようにしておけば、この結像レンズ系の結像面に記録時の空間光変調器が実像として現われることになる。従って、前記2次元光検出器110A～110Dを、前記結像面に配置することによって、複数の再生像を同時に検出することができる。

産業上の利用可能性

[0136] 本発明においては、多層ホログラフィック記録媒体における各ホログラフィック記録層が異なるブラッグ条件を持ち、且つ共通の再生条件で、同時に回折光を形成でき

るので、結果として、ホログラフィック記録媒体の記録密度及びデータ転送レートを大幅に向上させることができる。

請求の範囲

- [1] レーザ光を分岐した物体光と参照光との照射により、各々に干渉縞が形成可能な多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体に情報をホログラフィック記録し、且つ、再生用レーザ光を照射して記録された情報を再生する方法であって、
- 前記物体光と参照光の一方の照射条件を一定にし、他方を各ホログラフィック記録層ごとに変調して、各ホログラフィック記録層が異なるブラッグ条件を持つように情報を記録する過程と、
- 前記照射条件を一定にされた物体光または参照光と同一照射条件で、再生用レーザ光を、前記積層されたホログラフィック記録層に照射して、上層のホログラフィック記録層に回折光を発生させるとともに透過した0次光を順次下層のホログラフィック記録層に照射し、各照射光による各ホログラフィック記録層での回折光から情報を同時又は個別に再生する過程と、
- を有してなる多層ホログラフィック記録再生方法。
- [2] 請求項1において、
- 前記ホログラフィック記録時に、
- 前記参照光の照射条件を一定にするとともに、前記物体光を各ホログラフィック記録層ごとに変調して情報を記録し、
- 前記参照光と同一照射条件で、再生用レーザ光を、前記積層されたホログラフィック記録層に照射して、その照射光による各ホログラフィック記録層での回折光を、前記ホログラフィック記録層と同数の2次元光検出器により受光し、これらの受光信号により情報を再生することを特徴とする多層ホログラフィック記録再生方法。
- [3] 請求項1において、
- 前記情報は、ホログラフィック記録層ごとに、その全面にわたってシフト多重記録されることを特徴とする多層ホログラフィック記録再生方法。
- [4] 請求項2において、
- 前記情報は、ホログラフィック記録層ごとに、その全面にわたってシフト多重記録されることを特徴とする多層ホログラフィック記録再生方法。

- [5] 請求項1乃至4のいずれかにおいて、
前記ホログラフィック記録時に、前記物体光と参照光の他方をホログラフィック記録層ごとに角度変調することを特徴とする多層ホログラフィック記録再生方法。
- [6] 請求項5において、
前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光のビーム径を拡大して、該再生用レーザ光の一部が前記拡大されたビーム径内の異なる位置から前記ホログラフィック記録層に入射するように、空間光変調することを特徴とする多層ホログラフィック記録再生方法。
- [7] 請求項5において、
前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光を、回転ミラー及び凹面ミラーにより反射して前記ホログラフィック記録層に入射させることを特徴とする多層ホログラフィック記録再生方法。
- [8] 請求項1において、
前記情報のホログラフィック記録時に、前記物体光を、記録すべき情報に応じて強度変調し、前記参照光を、ホログラフィック記録層ごとに位相空間光変調して、ホログラフィック記録層ごとに、干渉縞が異なる位相コードパターンを持つように情報を記録し、
前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光を、情報を再生するホログラフィック記録層ごとに、対応する位相コードパターンを持つように、位相空間光変調して前記ホログラフィック記録層に照射することを特徴とする多層ホログラフィック記録再生方法。
- [9] レーザ光を分岐した物体光と参照光との照射により、各々に干渉縞が形成可能な多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体に情報をホログラフィック記録し、且つ、記録された情報を再生する方法であって、
前記物体光を、記録すべき情報に応じて強度変調しつつホログラフィック記録層ごとに入射角度を変調し、前記参照光を、付与するアドレスに応じて位相空間光変調し、ホログラフィック記録層がアドレスごとに異なる位相コードパターンを持つように情報を記録し、
前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光を、前記参照光と同一照射条件で、且

つ、前記位相コードパターンを持つように位相空間光変調して前記ホログラフィック記録層に照射することを特徴とする多層ホログラフィック記録再生方法。

- [10] レーザ光源からの物体光と参照光の照射により、各々に干渉縞が形成可能な多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体に情報を記録し、且つ、再生用レーザ光を照射して、記録した情報を再生するホログラフィック記録再生装置であって、

前記物体光及び参照光を前記多層ホログラフィック記録媒体に導く、物体光学系及び参照光学系と、

再生用レーザ光を、前記積層されたホログラフィック記録層に照射する再生用レーザ光学系と、

前記再生用レーザ光による各ホログラフィック記録層での回折光から情報を再生するための、該回折光と同数の2次元光検出器と、を有してなり、

前記物体光学系及び参照光学系の一方は、レーザ光の照射条件が一定にされ、他方は、レーザ光の照射条件が、ホログラフィック記録層ごとに変調されて、各ホログラフィック記録層に異なるブラッグ条件を持って情報を記録するようにされ、且つ、前記再生用レーザ光学系は前記一定の照射条件と同一の照射条件とされたことを特徴とするホログラフィック記録再生装置。

- [11] 請求項10において、

前記参照光学系は、前記参照光の照射条件が一定となるように構成され、前記物体光学系は、前記物体光を各ホログラフィック記録層ごとに変調する物体光変調装置を有し、前記再生用レーザ光学系は、前記参照光と同一照射条件で、再生用レーザ光を前記積層されたホログラフィック記録層に照射するようにされ、前記2次元光検出器は、前記照射光による各ホログラフィック記録層での回折光を、別個に受光するようにされたことを特徴とする多層ホログラフィック記録再生装置。

- [12] 請求項10又は11において、

物体光学系及び参照光学系は、前記情報を、ホログラフィック記録層ごとに、その全面にわたってシフト多重記録するように構成されたことを特徴とする多層ホログラフィック記録再生装置。

- [13] 請求項10又は11において、
前記物体光学系及び参照光学系の他方は、前記ホログラフィック記録時に、前記物体光又は参照光の他方をホログラフィック記録層ごとに角度変調する角度変調装置を有することを特徴とする多層ホログラフィック記録再生装置。
- [14] 請求項13において、
前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光のビーム径を拡大するビームエキスパンダと、該再生用レーザ光の一部が前記拡大されたビーム径内の異なる位置から前記ホログラフィック記録層に入射するように、該拡大されたビーム径の再生用レーザ光を空間光変調する空間光変調器とを有することを特徴とする多層ホログラフィック記録再生装置。
- [15] 請求項13において、
前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光を、回転ミラー及び凹面ミラーにより反射して前記ホログラフィック記録層に入射させる再生用レーザ光角度変調装置を有することを特徴とする多層ホログラフィック記録再生装置。
- [16] 請求項10において、
前記物体光学系は、前記情報のホログラフィック記録時に、前記物体光を記録すべき情報に応じて強度変調する振幅空間光変調器を有し、前記参照光学系は、前記参照光を、ホログラフィック記録層ごとに、干渉縞が異なる位相コードパターンを持つように、ホログラフィック記録層ごとに位相空間光変調する位相空間光変調器を有し、
前記再生用レーザ光学系は、前記情報の再生時に、情報を再生するホログラフィック記録層ごとに、対応する位相コードパターンを持つように、前記再生用レーザ光を、位相空間光変調する再生用レーザ光位相空間光変調器と、を有することを特徴とする多層ホログラフィック記録再生装置。
- [17] レーザ光源からの物体光と参照光の照射により、各々に干渉縞が形成可能な多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体に情報を記録し、且つ、再生用レーザ光を照射して、記録した情報を再生するホログラフィック記録再生装置であって、

前記物体光及び参照光を前記多層ホログラフィック記録媒体に導く、物体光学系及び参照光学系と、

再生用レーザ光を、前記積層されたホログラフィック記録層に照射する再生用レーザ光学系と、

前記再生用レーザ光による各ホログラフィック記録層での回折光から情報を再生するための、該回折光と同数の2次元光検出器と、を有してなり、

前記物体光学系は、前記物体光を、記録すべき情報に応じて強度変調しつつホログラフィック記録層ごとに入射角度を変調する物体光角度変調器を有し、前記参照光学系は、ホログラフィック記録層がアドレスごとに異なる位相コードパターンを持つように、前記参照光を、付与するアドレスに応じて位相空間光変調する位相空間光変調器を有し、前記再生用レーザ光学系は、前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光を、前記位相コードパターンを持つように位相空間光変調する再生用レーザ光位相空間光変調器を有することを特徴とする多層ホログラフィック記録再生装置。

[18] 多数のホログラフィック記録層を積層してなり、レーザ光源からの物体光と参照光の一方の照射条件が一定にされ、他方の照射条件が、ホログラフィック記録層ごとに変調されることにより、各ホログラフィック記録層に異なるブラッグ条件を持って情報が記録された多層ホログラフィック記録媒体に、再生用レーザ光学系からの再生用レーザ光を照射して、記録した情報を再生するホログラフィックメモリ再生装置であって、

前記再生用レーザ光による各ホログラフィック記録層での回折光から情報を再生するための、該回折光と同数の2次元光検出器を有してなり、

前記再生用レーザ光学系は前記一定の照射条件と同一の照射条件とされたことを特徴とするホログラフィックメモリ再生装置。

[19] 請求項18において、

前記再生用レーザ光学系は、前記参照光と同一照射条件で、再生用レーザ光を前記積層されたホログラフィック記録層に照射するようにされ、前記2次元光検出器は、前記照射光による各ホログラフィック記録層での回折光を、別個に受光するようにされたことを特徴とする多層ホログラフィックメモリ再生装置。

[20] 請求項18又は19において、

前記情報は、前記ホログラフィック記録媒体におけるホログラフィック記録層ごとに、その全面にわたってシフト多重記録されていることを特徴とする多層ホログラフィックメモリ再生装置。

[21] 請求項18又は19において、

前記多層ホログラフィック記録媒体における情報が、前記物体光又は参照光の他方がホログラフィック記録層ごとに角度変調して、角度多重記録され、前記再生用レーザ光学系は、前記再生用レーザ光のビーム径を拡大するビームエキスパンダと、該再生用レーザ光の一部が前記拡大されたビーム径内の異なる位置から前記ホログラフィック記録層に入射するように、該拡大されたビーム径の再生用レーザ光を空間光変調する空間光変調器とを有することを特徴とする多層ホログラフィックメモリ再生装置。

[22] 請求項18又は19において、

前記再生用レーザ光を、回転ミラー及び凹面ミラーにより反射して前記ホログラフィック記録層に入射させる再生用レーザ光角度変調装置を有することを特徴とする多層ホログラフィックメモリ再生装置。

[23] 請求項18において、

前記多層ホログラフィック記録媒体には、前記参照光を、ホログラフィック記録層ごとに位相空間光変調して、干渉縞が異なる位相コードパターンを持って情報が記録されていて、

前記再生用レーザ光学系は、前記情報の再生時に、情報を再生するホログラフィック記録層ごとに、対応する位相コードパターンを持つように、前記再生用レーザ光を位相空間光変調する再生用レーザ光位相空間光変調器を有することを特徴とする多層ホログラフィックメモリ再生装置。

[24] レーザ光源からの物体光と参照光の照射により、各々に干渉縞が形成可能な多数のホログラフィック記録層を積層してなり、前記物体光は、記録すべき情報に応じて強度変調しつつホログラフィック記録層ごとに入射角度を変調され、前記参照光は、ホログラフィック記録層がアドレスごとに異なる位相コードパターンを持つように、付与するアドレスに応じて位相空間光変調して情報が記録された多層ホログラフィック記

録媒体に、再生用レーザ光を照射して、記録した情報を再生するホログラフィックメモリ再生装置であって、

前記再生用レーザ光を、前記積層されたホログラフィック記録層に照射する再生用レーザ光学系と、

前記再生用レーザ光による各ホログラフィック記録層での回折光から情報を再生するための、該回折光と同数の2次元光検出器と、を有してなり、

前記再生用レーザ光学系は、前記情報の再生時に、前記再生用レーザ光を、前記位相コードパターンを持つように位相空間光変調する再生用レーザ光位相空間光変調器を有することを特徴とする多層ホログラフィックメモリ再生装置。

[25] 物体光と参照光との照射による干渉縞が、各々に形成された多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体であって、

前記各ホログラフィック記録層には、物体光と参照光の一方の照射条件を一定にし、他方の照射条件を各ホログラフィック記録層ごとに変調して、異なるブラッグ条件を持って情報が記録されていることを特徴とするホログラフィック記録媒体。

[26] 請求項25において、

前記情報が、ホログラフィック記録層ごとに、その全面にわたってシフト多重記録されることを特徴とする多層ホログラフィック記録媒体。

[27] 請求項25又は26において、

前記情報が、ホログラフィック記録層ごとに角度変調して角度多重記録されていることを特徴とする多層ホログラフィック記録媒体。

[28] 請求項25において、

前記情報が、ホログラフィック記録層ごとに、干渉縞が異なる位相コードパターンを持って記録されていることを特長とする多層ホログラフィック記録媒体。

[29] 物体光と参照光との照射による干渉縞が、各々に形成された多数のホログラフィック記録層を積層してなる多層ホログラフィック記録媒体であって、

前記各ホログラフィック記録層には、前記情報が、ホログラフィック記録層ごとに異なって角度多重記録され、且つ、同一のホログラフィック記録層ではアドレスごとに異なる位相コードパターンを持って記録されていることを特徴とする多層ホログラフィック

記録媒体。

- [30] 基板上にホログラフィック記録層を形成する工程と、
このホログラフィック記録層に対して、物体光と参照光とを照射して、全面にわたりシフト多重記録をする工程と、
前記ホログラフィック記録層上に次のホログラフィック記録層を形成する工程と、
該次のホログラフィック記録層に対して、物体光と参照光とを照射して、全面にわたりシフト多重記録をする工程と、
を順次繰り返して、シフト多重記録をした所定の数のホログラフィック記録層を積層する多層ホログラフィック記録媒体の製造方法であって、
前記物体光と参照光は、一方の照射条件を一定にし、且つ、他方の照射条件を各ホログラフィック記録層ごとに変調して照射し、各ホログラフィック記録層が異なるブラッグ条件を持つように情報を記録したことを特徴とするホログラフィック記録媒体の製造方法。
- [31] 請求項30において、
前記ホログラフィック記録層にシフト多重記録をした後で、次のホログラフィック記録層を形成する前に、シフト多重記録をした前記ホログラフィック記録層をポスト露光して、残留感光成分を完全に消費させる工程を有することを特徴とするホログラフィック記録媒体の製造方法。
- [32] 請求項31において、
前記ホログラフィック記録層のポスト露光を、インコヒーレント光により行うことを特徴とするホログラフィック記録媒体の製造方法。
- [33] 請求項30、31又は32において、
前記各ホログラフィック記録層の間に、各ホログラフィック記録層間の光学的干渉を抑制するとともに、各ホログラフィック記録層の平坦度、平行度及び機械的強度を補なうスペーサ層を形成する工程を有することを特徴とするホログラフィック記録媒体の製造方法。
- [34] 請求項30、31又は32において、
前記基板上にホログラフィック記録層を形成する工程と、

このホログラフィック記録層に対して、参照光にアドレスごとに異なる位相コードパターンを付与して物体光と共に照射して、全面にわたりシフト多重記録をする工程と、
前記ホログラフィック記録層上に次のホログラフィック記録層を形成する工程と、
該次のホログラフィック記録層に対して、物体光の入射角度を変調して、且つ、参照光にアドレスごとに異なる位相コードパターンを付与して照射し、全面にわたりシフト多重記録をする工程と、

を順次繰り返して、シフト多重及び位相コード多重記録をした所定の数のホログラフィック記録層を積層する多層ホログラフィック記録媒体の製造方法。

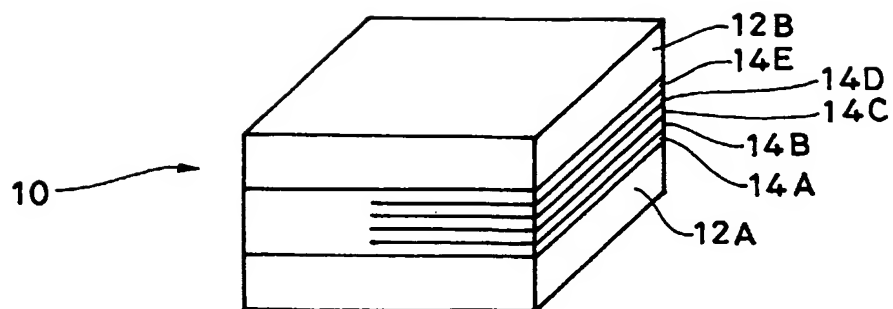
[35] 請求項33において、

前記基板上にホログラフィック記録層を形成する工程と、

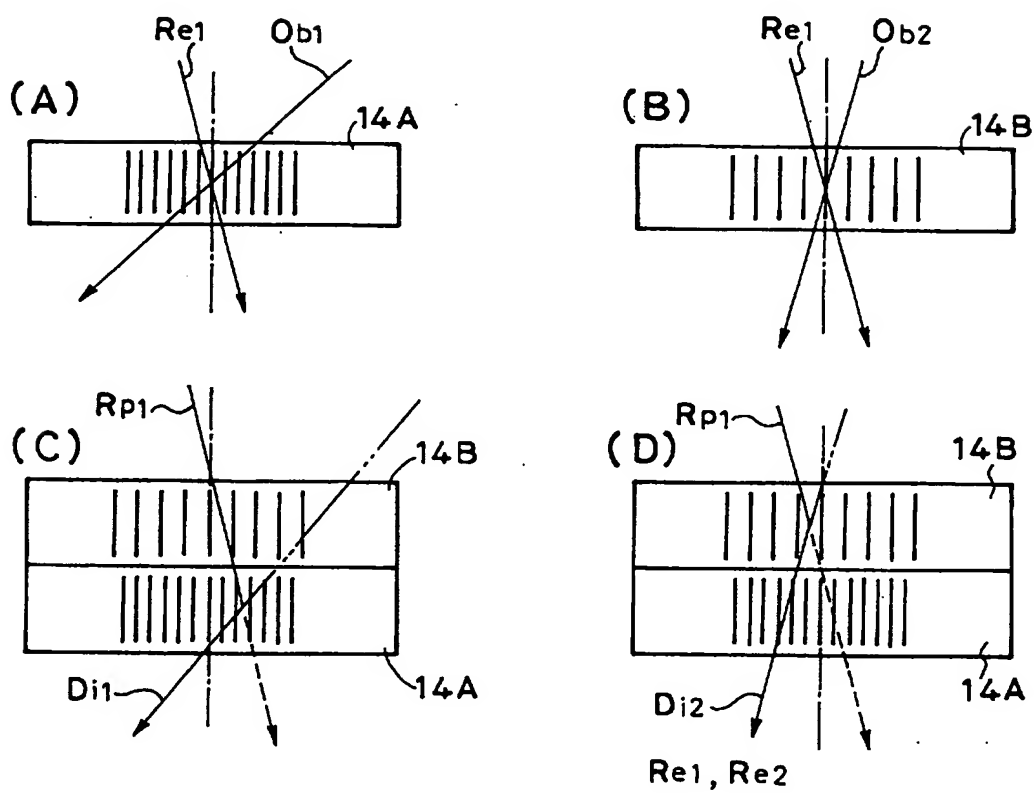
このホログラフィック記録層に対して、参照光にアドレスごとに異なる位相コードパターンを付与して物体光と共に照射して、全面にわたりシフト多重記録をする工程と、
前記ホログラフィック記録層上に次のホログラフィック記録層を形成する工程と、
該次のホログラフィック記録層に対して、物体光の入射角度を変調して、且つ、参照光にアドレスごとに異なる位相コードパターンを付与して照射し、全面にわたりシフト多重記録をする工程と、

を順次繰り返して、シフト多重及び位相コード多重記録をした所定の数のホログラフィック記録層を積層する多層ホログラフィック記録媒体の製造方法。

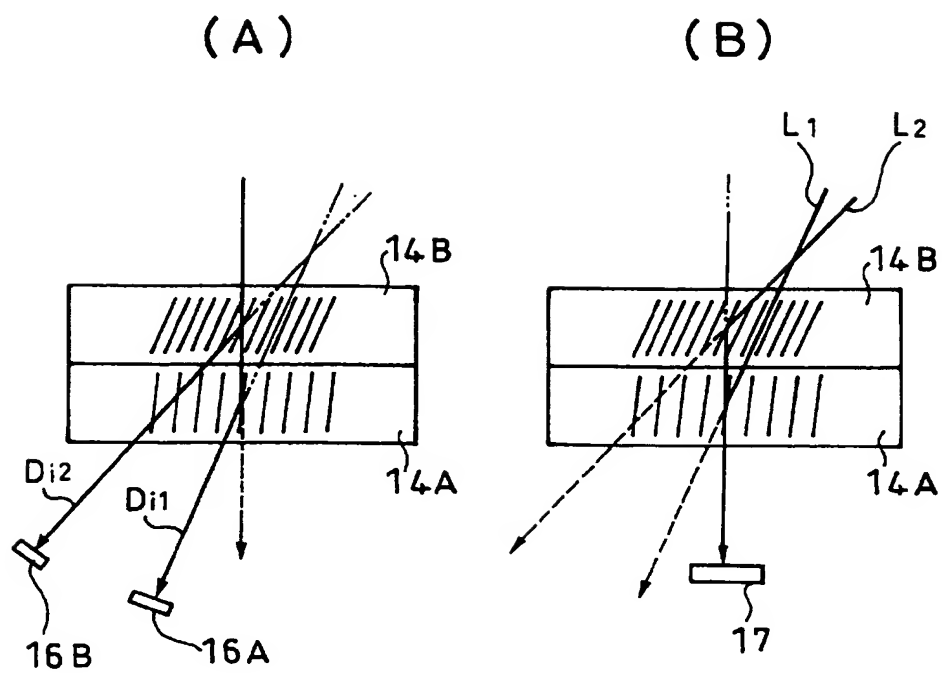
[図1]



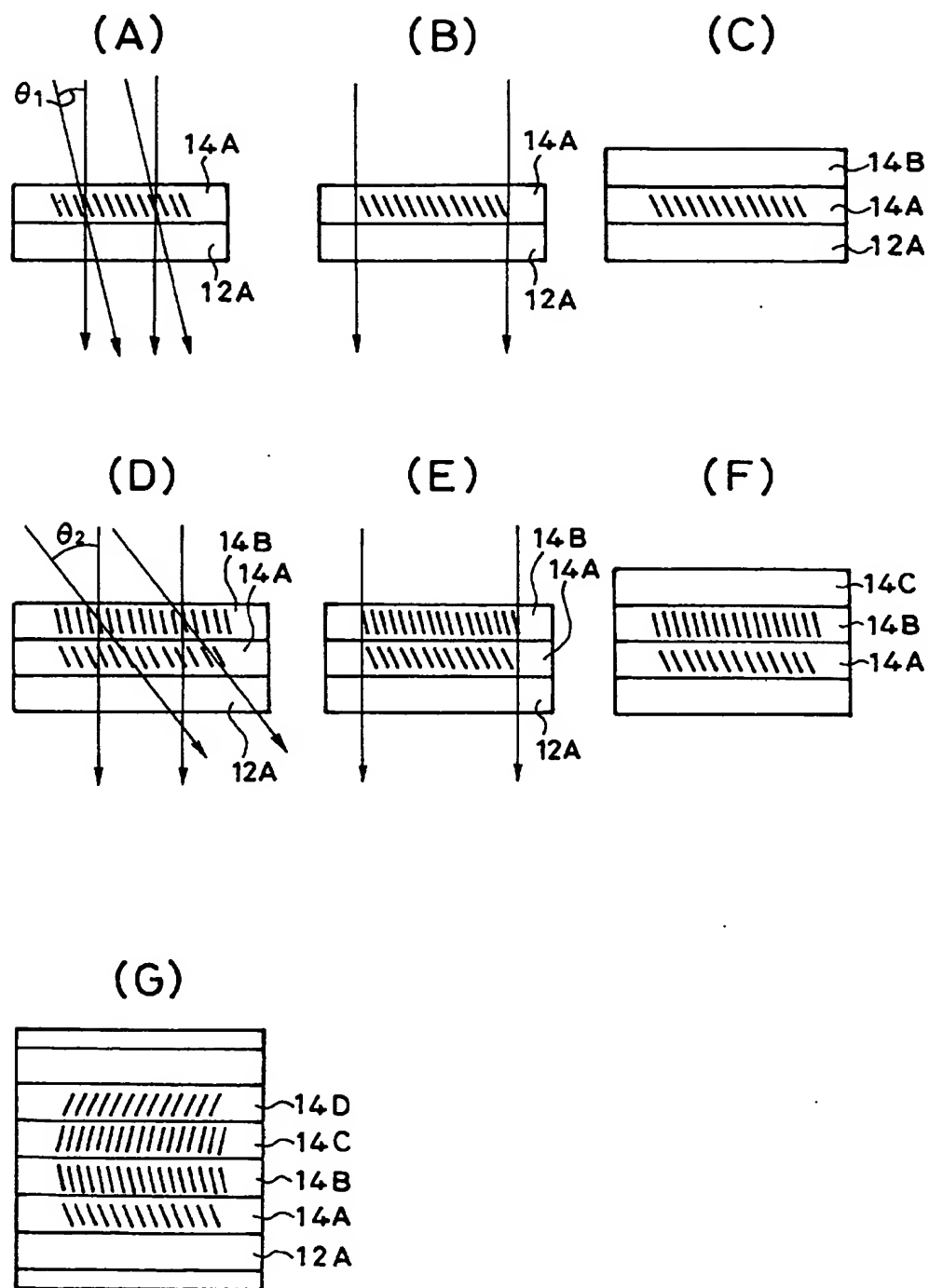
[図2]



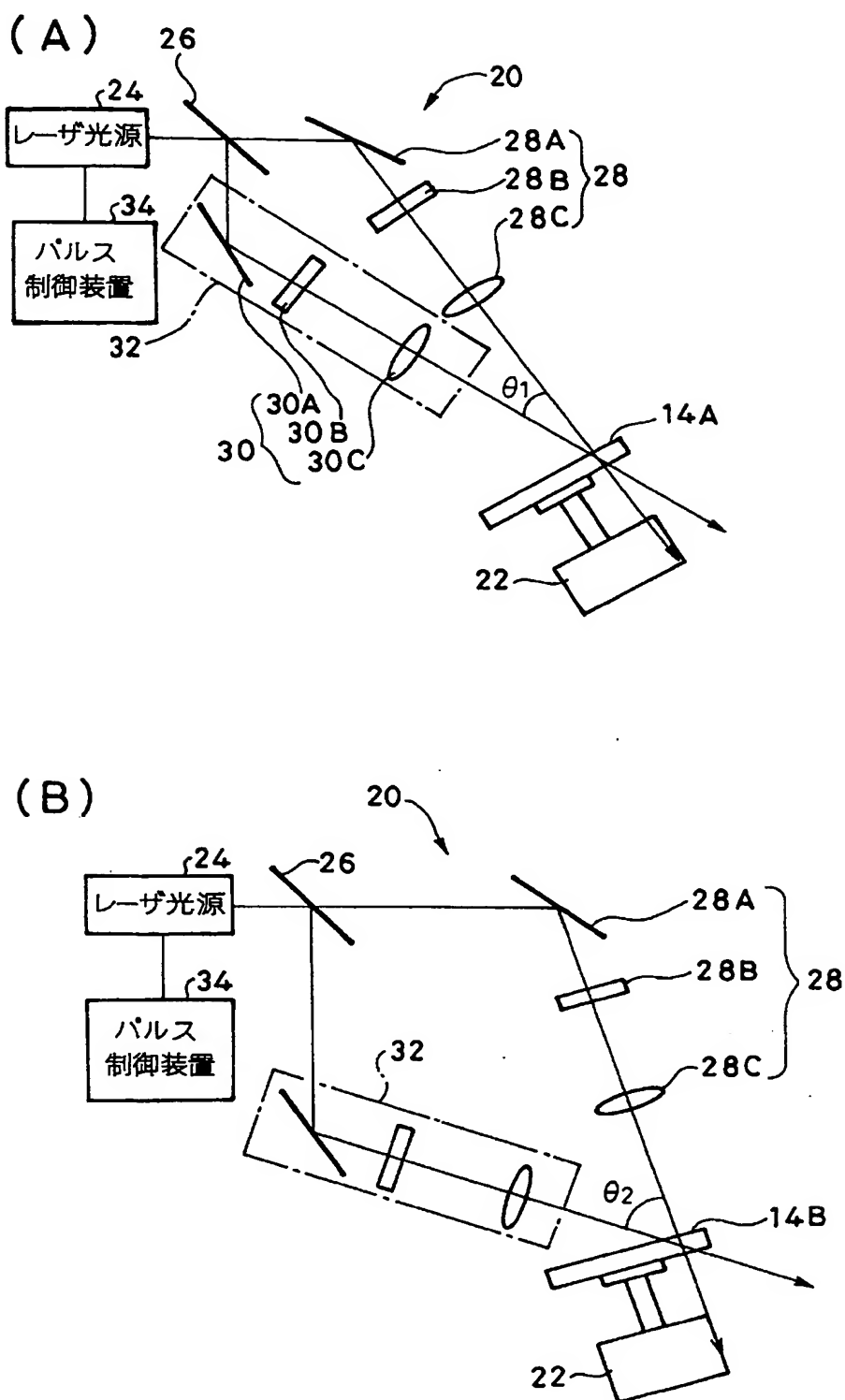
[図3]



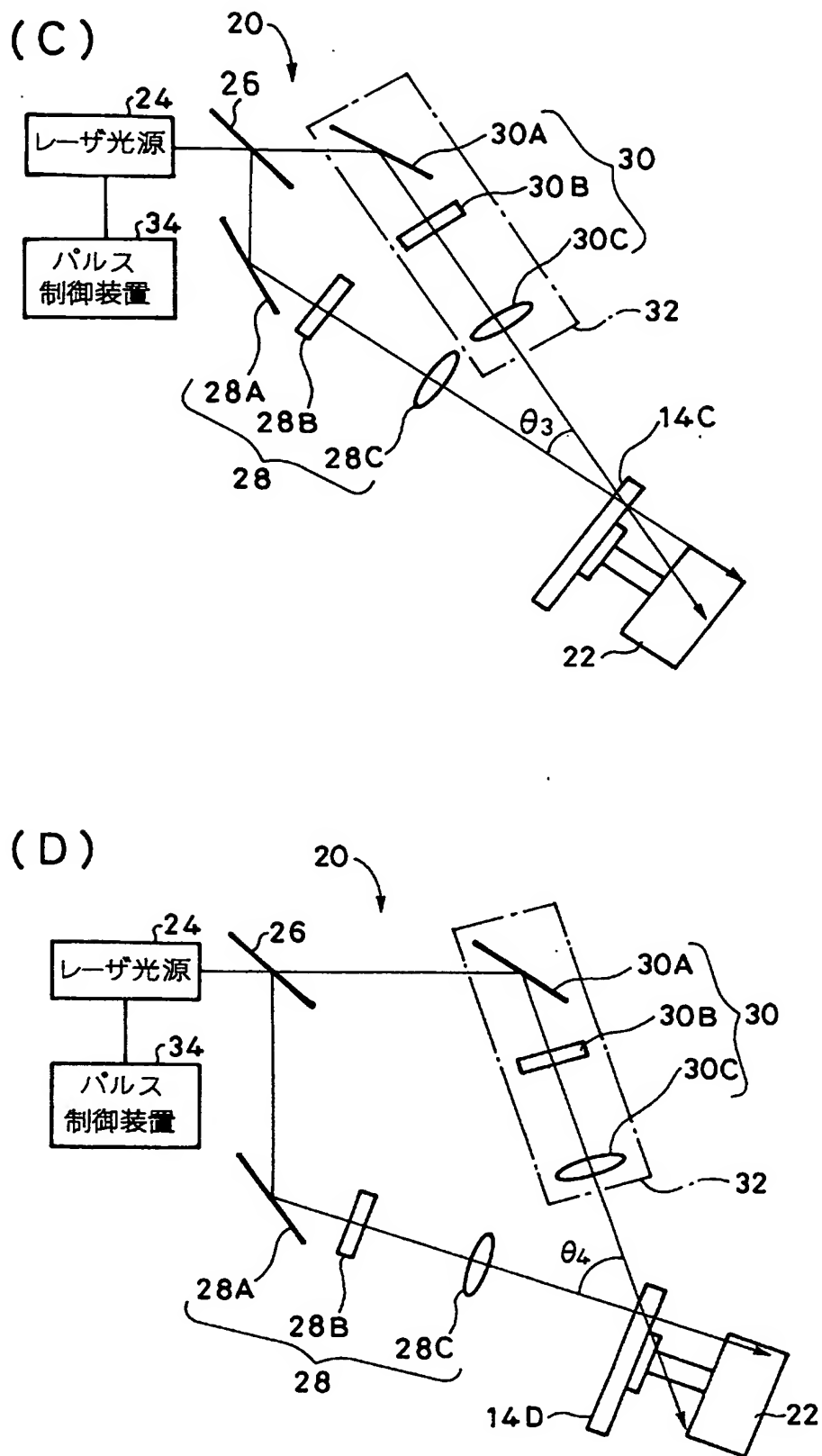
[図4]



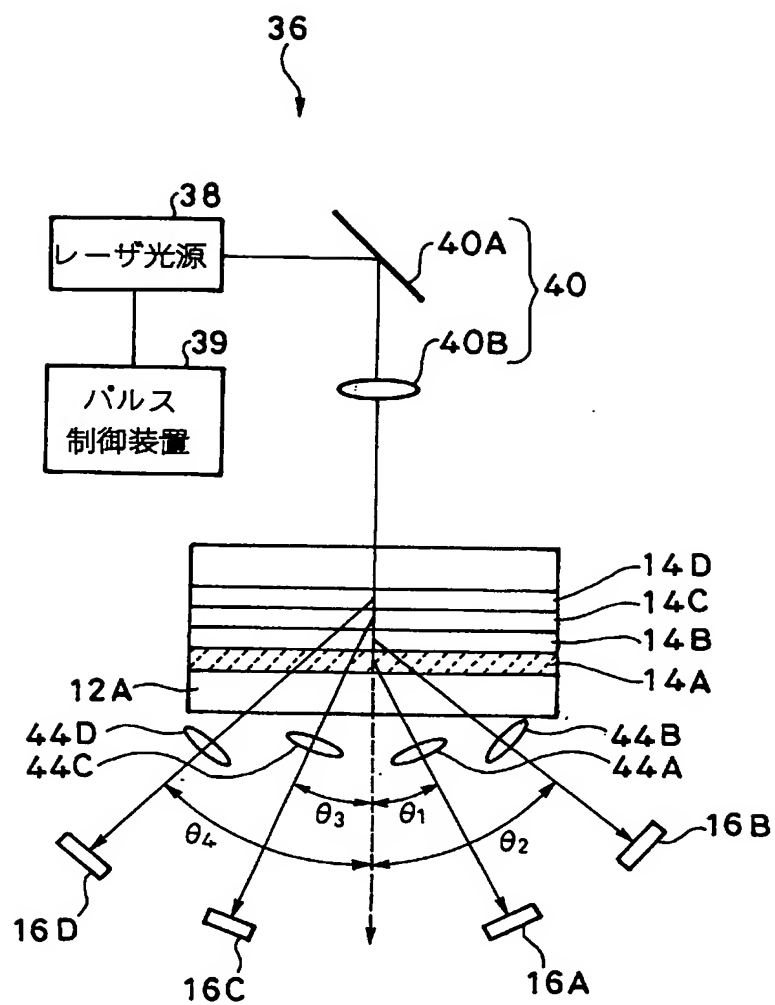
[図5]



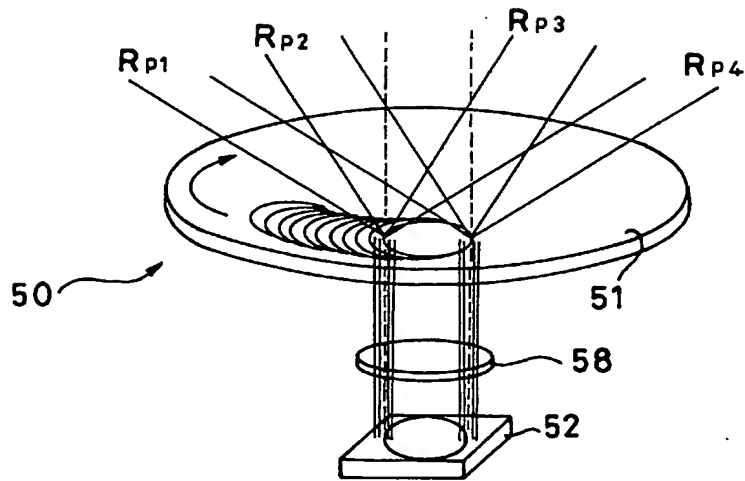
[図6]



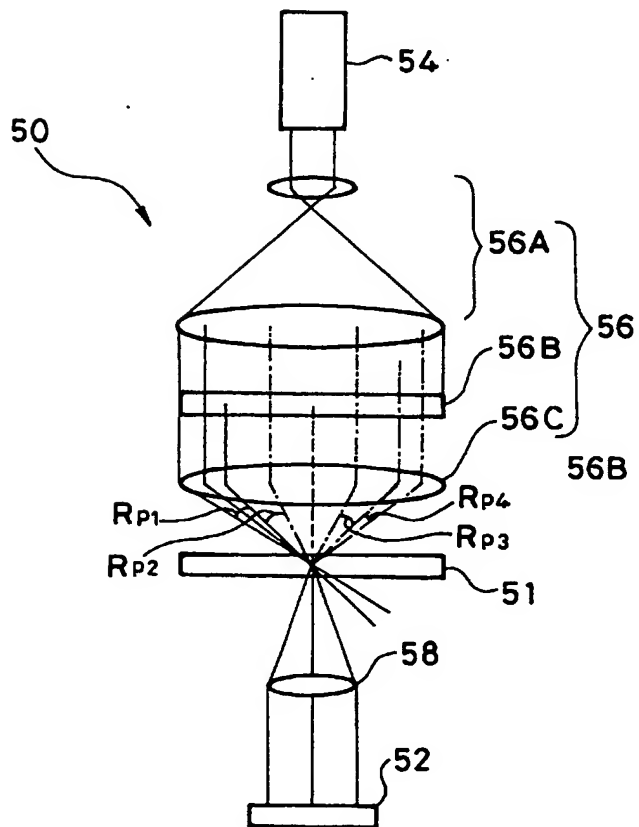
[図7]



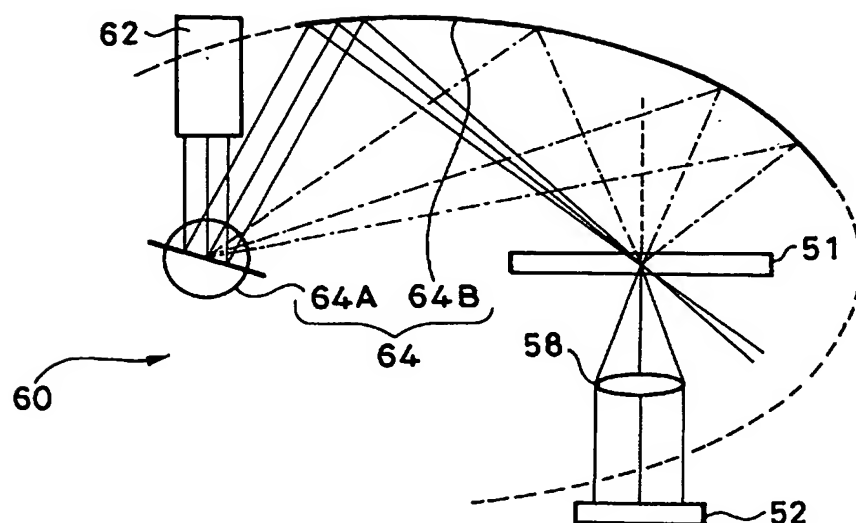
[図8]



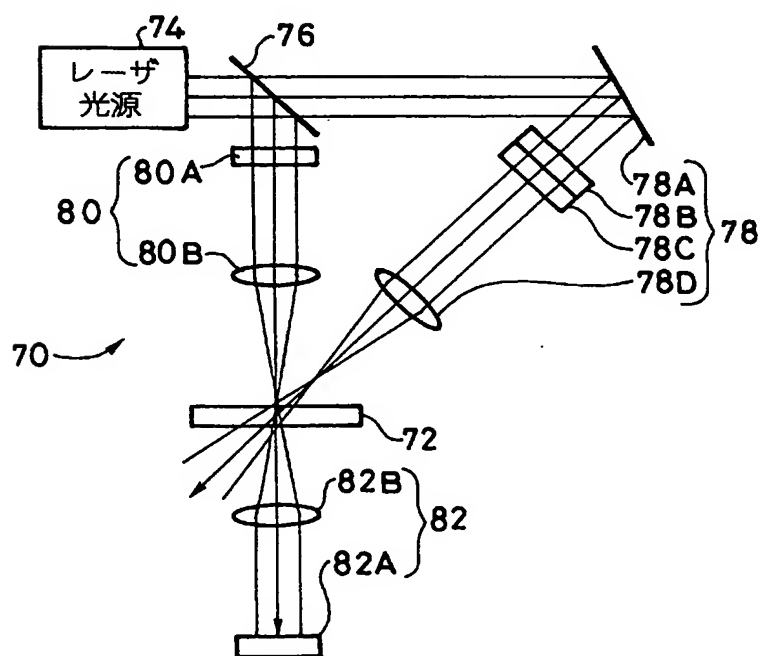
[図9]



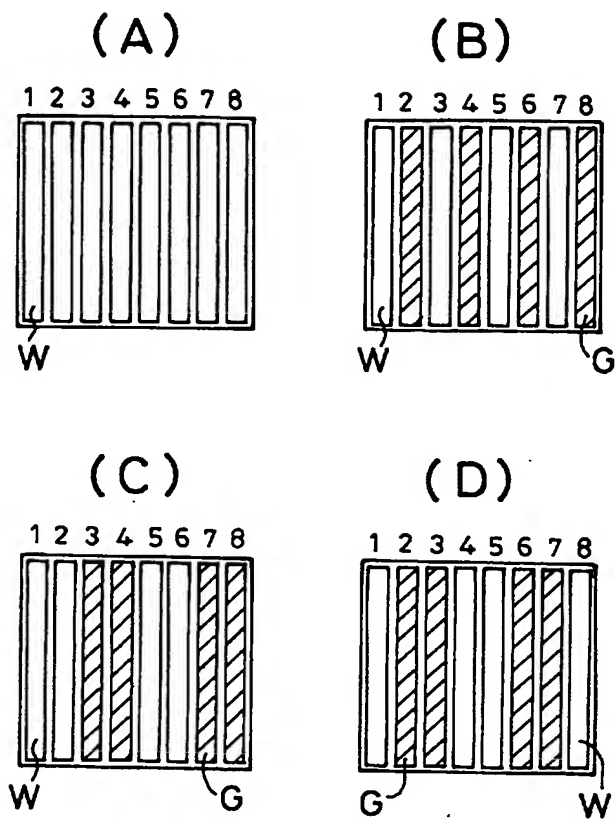
[図10]



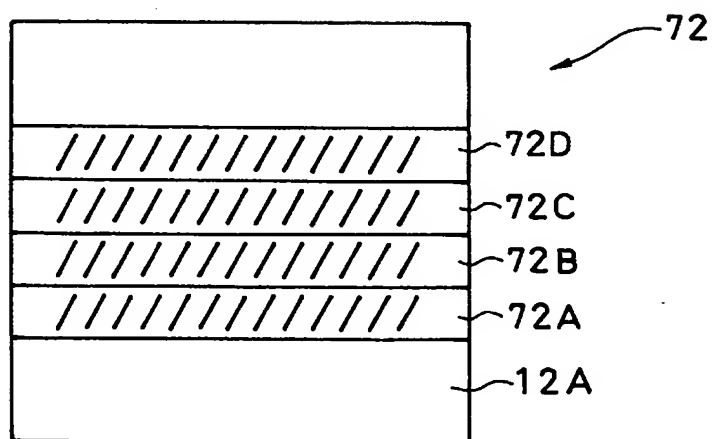
[図11]



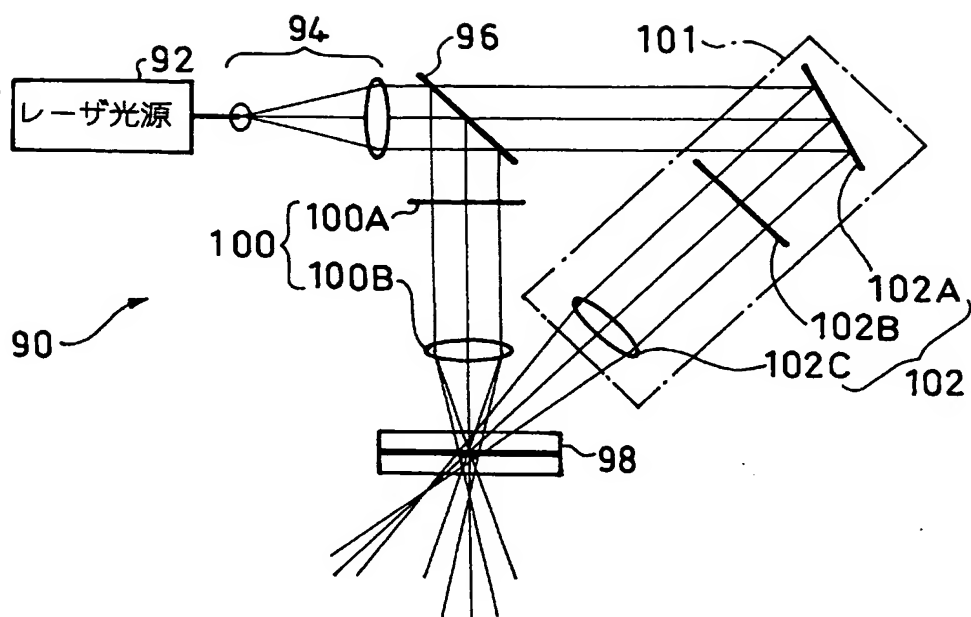
[図12]



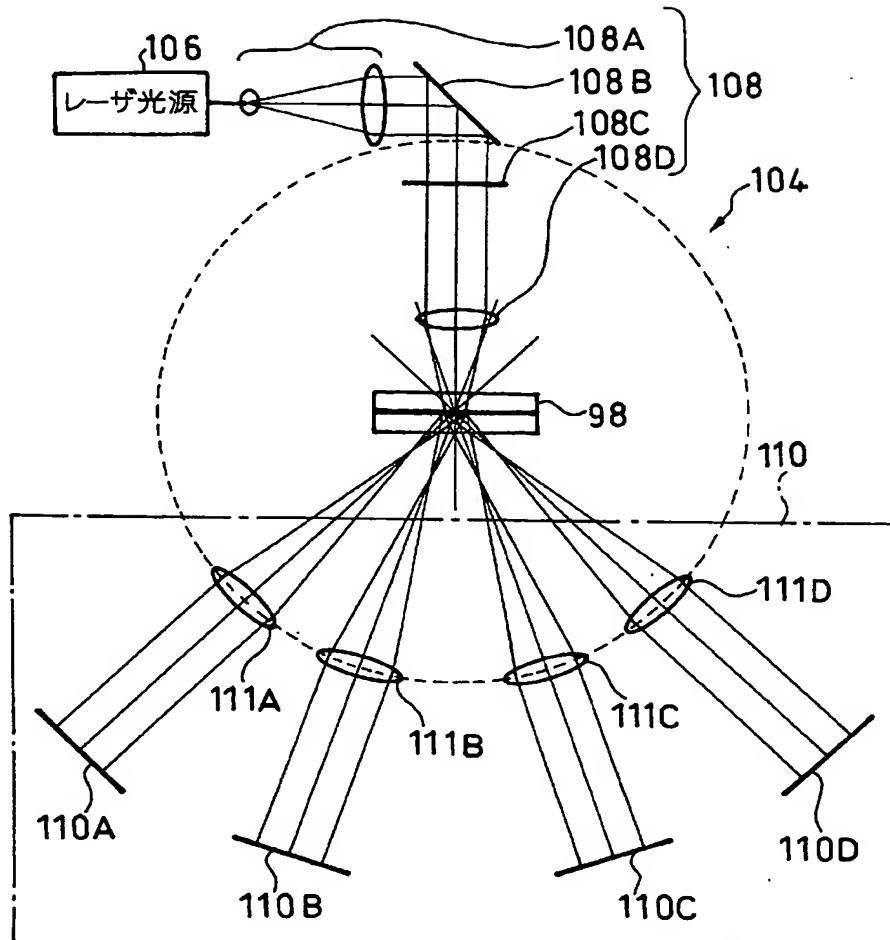
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/012850

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G03H1/26, G11B7/0065, G11B7/135

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G03H1/26, G11B7/0065, G11B7/135

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 11-224043 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 17 August, 1999 (17.08.99), Full text; all drawings (Family: none)	1,10,18,25 2-5,7-13, 15-20,22-35 6,14,21
Y A	JP 6-195019 A (Central Glass Co., Ltd.), 15 July, 1994 (15.07.94), Full text; all drawings (Family: none)	2-5,7-13, 15-20,22-35 6,14,21
Y	JP 8-220976 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 30 August, 1996 (30.08.96), Full text; all drawings & EP 726142 A2 & US 5755919 A & US 5993600 A	30-35



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 November, 2004 (29.11.04)

Date of mailing of the international search report

14 December, 2004 (14.12.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G03H1/26, G11B7/0065, G11B7/135

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G03H1/26, G11B7/0065, G11B7/135

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	J P 11-224043 A (日本電信電話株式会社) 1999.08.17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 10, 18, 25 2-5, 7-13, 15-20, 22-35 6, 14, 21
Y A	J P 6-195019 A (セントラル硝子株式会社) 1994.07.15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	2-5, 7-13, 15-20, 22-35 6, 14, 21

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29.11.2004

国際調査報告の発送日

14.12.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山村 浩

2 V

9219

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 8-220976 A (大日本印刷株式会社) 1996. 08. 30, 全文, 全図 & EP 726142 A2 & US 5755919 A & US 5993600 A	30-35